

水利施工中预防混凝土裂缝的措施及方法

李亚丽

甘肃省水利水电工程局有限责任公司 甘肃 兰州 730000

摘要: 本文针对水利施工中混凝土裂缝的预防展开研究,分析裂缝对结构强度、耐久性、抗渗性及外观质量的不利影响,探讨原材料、配合比、施工过程及环境因素的致裂机理。提出预防措施:原材料控制选用低热水泥、优化骨料级配并限制含泥量;配合比设计通过控制水灰比、掺加粉煤灰减少水化热;施工中强化模板安装与拆除管理,分层浇筑振捣密实并规范施工缝处理;养护阶段采取保湿、温控及冬季保温等措施,为水利工程混凝土裂缝防控提供系统解决方案,保障工程结构安全与耐久性。

关键词: 水利施工;预防混凝土裂缝;措施;方法

引言

混凝土裂缝是水利工程常见质量问题,直接威胁工程安全运行。其成因涉及原材料质量、配合比设计、施工工艺及环境条件等多方面,当前,我国水利工程建设规模扩大,复杂地质与气候条件下裂缝防控难度增加。本文基于裂缝产生机理,结合施工实践,从原材料控制、配合比优化、施工管理及养护技术等维度提出针对性预防措施,旨在为水利施工提供科学指导,减少裂缝危害,提升工程质量与使用寿命。

1 混凝土裂缝对水利工程的不利影响

(1) 降低结构强度和承载能力。混凝土裂缝直接破坏了结构的整体性,结构在受力时,原本按照设计进行应力分布,而裂缝的出现打破了这种平衡,使应力重新分布。随着裂缝不断发展,当其达到一定程度,结构的承载能力会急剧下降。原本能够承受设计荷载的结构,此时可能无法满足要求,甚至在极端情况下会引发结构坍塌等严重事故。(2) 影响结构的耐久性。水利工程多处于复杂恶劣的环境中,长期面临水的侵蚀以及各种化学物质的腐蚀。混凝土裂缝为这些有害物质提供了侵入结构内部的通道。一旦有害物质进入,会加速钢筋的锈蚀过程,使钢筋的力学性能下降,同时也会加快混凝土的劣化速度。(3) 降低工程的抗渗性能。裂缝的存在使混凝土的抗渗能力大幅减弱,水和其他液体能够轻易渗透到结构内部。对于水库、水闸等水利工程,渗漏问题会引发一系列连锁反应,这些问题会进一步削弱工程结构的稳定性,危及整个工程的安全,可能导致工程功能失效。(4) 影响工程的外观质量。裂缝会在水利工程表面形成明显的瑕疵,破坏了工程原本平整、美观的外观,降低了工程的整体形象,特别是在一些对景观要求较高的水利工程中,裂缝问题会严重影响其观赏价值,

使工程在视觉上大打折扣,影响其在公众心目中的形象和评价^[1]。

2 水利施工中混凝土裂缝产生的原因分析

2.1 原材料因素

其一,水泥因素。水泥的安定性至关重要,使用安定性未达标准的水泥,在混凝土逐渐硬化的过程中,其内部的化学反应便会失衡,从而引发不均匀的体积变化,这种不稳定的体积变动会破坏混凝土内部结构的平衡状态,最终导致裂缝出现。此外,精准把控水泥的使用量,一旦水泥用量超出合理范围,混凝土内部的水化热会显著升高,收缩情况也会愈发严重。当混凝土收缩时,内部会产生拉应力,若拉应力超出混凝土自身的抗拉强度,裂缝便会不可避免地出现。其二,骨料因素。骨料的粒径大小以及级配情况对混凝土性能有着关键影响,若骨料粒径和级配不合理,混凝土的密实程度会受到影响,导致其内部出现孔隙和薄弱区域,从而降低混凝土的整体强度。当骨料含泥量过高时,泥土会附着在骨料表面,阻碍骨料与水泥浆之间形成有效的黏结,在混凝土承受外力作用时黏结力不足的地方就容易成为应力集中的部位,进而引发裂缝。其三,外加剂因素。不同类型的外加剂具备不同的功能特性,如果外加剂品种选择不恰当,无法与混凝土的其他成分良好融合,就会对混凝土的性能产生不良影响,同时控制外加剂的掺量,若掺量不准确,会改变混凝土的凝结时间以及收缩特性。

2.2 配合比设计因素

水灰比对于混凝土的强度和收缩性能有着关键影响,其数值大小直接关乎混凝土的整体质量。一旦水灰比设置过大,混凝土内部游离水分的含量就会大幅上升,混凝土在逐渐硬化的过程中,这些游离水分会慢慢

蒸发,最终在混凝土内部留下大量孔隙,这些孔隙严重破坏了混凝土结构的紧密程度,导致混凝土强度明显下降。当收缩应力超出混凝土自身所能承受的抗拉强度时,裂缝就会随之产生,这将对混凝土的耐久性以及结构安全性造成极为严重的影响。砂率的设置也要科学合理,若砂率过小,混凝土拌和物的和易性就会变差,具体表现为流动性不够、黏聚性降低,还容易出现离析和泌水的情况。离析现象会使混凝土中的骨料与水泥浆分布不均匀,而泌水则会在混凝土表面形成一层薄弱层,这些情况都会降低混凝土的抗裂能力。反之,如果砂率过大,混凝土骨料的总表面积会显著增大。但是水泥用量的增加会使得混凝土水化热升高,进而导致收缩增大,过大的收缩会在混凝土内部产生拉应力,当拉应力积累到一定程度时,就会引发裂缝,给水利工程的稳定性和安全性带来严重威胁。

2.3 施工过程因素

模板安装方面,牢固性、支撑间距与刚度是重要指标,若模板安装不牢固,在混凝土浇筑时,因混凝土侧压力及振捣等外力作用,模板会发生变形或位移。这种变形和位移会直接传递至混凝土结构,导致结构出现裂缝。同时,支撑间距过大或刚度不足,同样无法有效承受混凝土浇筑产生的荷载,引发模板变形,最终造成混凝土结构裂缝,而且模板的拆除时间过早,此时混凝土尚未达到足够强度,表面易因强度不足而出现裂缝。混凝土浇筑过程中,振捣密实度至关重要。振捣不密实会使混凝土内部存在孔隙和蜂窝麻面,破坏混凝土结构的完整性,降低其强度和密实性,为裂缝产生埋下隐患,而且浇筑速度过快,混凝土来不及充分振捣和均匀分布;分层厚度过大,上下层混凝土结合不紧密,都会影响混凝土质量,增加裂缝产生风险^[2]。

2.4 环境因素

一方面,在混凝土硬化过程中,水化反应会不断开展。此反应会释放出大量水化热,致使混凝土内部温度在短时间内迅速升高。由于混凝土表面直接与外界环境接触,其散热速率远高于内部,进而在混凝土内部和表面之间形成显著的温度差。当外界环境温度大幅波动时,例如突然遭遇寒潮,混凝土表面温度会快速降低,而内部温度不会同步下降,下降速度较为缓慢。此时,混凝土内部与表面会产生较大的温度梯度,在温度应力的影响下,混凝土极易出现温度裂缝。另一方面,混凝土在干燥时会发生收缩,这是无法避免的物理变化。若周围环境湿度变化明显,混凝土的收缩会受到制约。当混凝土收缩受周围环境或内部钢筋等限制时,其内部会

产生拉应力,随着拉应力持续累积,一旦超过混凝土的抗拉强度,就会产生收缩裂缝,在通风良好的环境中,混凝土表面水分散失快,收缩裂缝会严重威胁水利工程的质量与安全。

3 预防混凝土裂缝的措施和方法

3.1 原材料控制

水泥是混凝土的核心构成,宜优先选用低热水泥与中热水泥。此类水泥水化热释放量相对较少,可降低混凝土硬化时因内部升温产生的温度应力,从而减少温度裂缝出现的概率。并且,在保证混凝土强度契合设计标准的前提下,要控制水泥用量,通常将其限制在不超过 $500\text{kg}/\text{m}^3$,防止因水泥用量过大致使混凝土收缩加剧而引发裂缝。骨料品质对混凝土性能影响重大,应挑选级配优良、粒径合适的骨料,此类骨料能让混凝土内部结构更为密实。确定粗骨料最大粒径时,需综合考量混凝土结构尺寸及钢筋间距,一般不宜超过钢筋间距的 $3/4$,以此确保混凝土能顺利浇筑并振捣密实。细骨料宜采用中砂,同时要严格把控含泥量,不应超过 3% ,毕竟含泥量过高会削弱骨料与水泥浆之间的黏结力,影响混凝土强度。合理运用外加剂是预防混凝土裂缝的关键举措,要根据混凝土性能需求,精准挑选外加剂种类并确定恰当掺量,不同外加剂功能各异,正确掺入能改善混凝土的工作性能、强度及耐久性等,降低裂缝产生的可能性。

3.2 配合比设计优化

合理确定水灰比,依据混凝土的强度等级与耐久性要求开展试验,以此确定恰当的水灰比。通常情况下,水灰比应把控在 $0.4\sim 0.6$ 这个区间。若混凝土有抗渗要求,水灰比更要严格限制,不宜大于 0.55 。因为水灰比过大,混凝土中游离水分增多,硬化后孔隙率上升,强度降低且收缩增大,易产生裂缝;水灰比过小,混凝土拌和物干涩,难以振捣密实,同样影响质量。优化砂率也不容忽视,要通过试验筛选出合理的砂率,让混凝土拌和物具备优良的和易性与密实性,一般砂率控制在 $35\%\sim 45\%$ 较为合适。砂率过小,混凝土拌和物易离析、泌水,和易性变差;砂率过大,骨料总表面积增大,水泥用量增加,收缩会随之增大,增加裂缝风险。掺加粉煤灰等矿物掺合料能有效提升混凝土性能,在混凝土中适量掺入粉煤灰、矿渣粉等,可改善其工作性能,降低水化热,提高后期强度与耐久性^[3]。但是掺量需严格控制,粉煤灰掺量一般不超过水泥用量的 30% ,矿渣粉掺量不超过水泥用量的 50% ,若掺量过多,可能影响混凝土早期强度发展,不利于施工进度与质量控制。

3.3 施工过程管理

第一,在模板安装与拆除阶段,安装过程中务必确保模板稳固、平整,支撑间距要严格遵循设计规定来设置,以此保证在混凝土浇筑期间模板不会发生变形与移位,为混凝土结构的顺利成型提供可靠支撑。模板拆除时间不可随意确定,要综合考量混凝土的强度以及养护状况,一般情况下,当混凝土强度达到设计强度的75%及以上时,方可拆除底模,防止因拆除过早使混凝土表面因强度不够而产生裂缝。第二,针对混凝土浇筑与振捣工作,浇筑应分层进行,每层厚度控制在不超过30cm,如此能让混凝土均匀受力且密实。浇筑过程要保持连贯,避免出现施工缝,以此保证混凝土结构的完整性。同时,振捣必须充分,使用插入式振捣器时,振捣棒的插入间距不应大于其作用半径的1.5倍,振捣时间以混凝土表面不再下沉、无气泡冒出且表面泛浆为准,确保混凝土内部不存在孔隙和蜂窝麻面。第三,施工缝处理至关重要,施工缝应设置在结构受力较小的部位,例如梁的1/3跨度处、柱的根部等。在浇筑新混凝土之前,要对施工缝处混凝土表面进行凿毛处理,清除浮浆与杂物,用水冲洗干净后涂刷一层水泥浆或界面剂,增强新旧混凝土之间的黏结力,防止在受力时沿施工缝出现裂缝,保障水利工程的结构安全。

3.4 养护措施

(1)保湿养护。由于混凝土表面水分蒸发过快易引发裂缝,所以要迅速采取保湿举措。常见方法有覆盖塑料薄膜、草帘、麻袋等,也可喷洒养护剂。这些方式能减少水分散失,保持混凝土表面湿润。养护时间要依据混凝土类型和环境条件确定,一般不少于14天,确保混凝土充分水化,提高强度和抗裂性能。(2)温度控制。大体积混凝土在硬化时水化热集中释放,容易引发较大的温度应力,进而造成裂缝。可采取降低水泥使用量、

掺入粉煤灰等矿物掺料的办法,减少水化热的产生;也能通过预埋冷却水管的方式,降低混凝土内部温度。在养护环节,需严格管控温度差,确保混凝土表面与内部的温度差不超过25℃,环境温度和混凝土表面温度差不超过20℃,防止因温度波动过大而产生裂缝^[4]。(3)冬季养护。冬季气温低,混凝土易受冻,影响强度发展和抗裂性能。应采用覆盖保温材料、搭设暖棚等方法进行保温养护,当混凝土温度低于5℃时,禁止浇水养护,可喷洒防冻剂,防止混凝土内部水分结冰膨胀而破坏结构。

结束语

综上所述,预防混凝土裂缝是水利施工质量控制的核心任务,需从材料、设计、施工、养护全流程协同施策。通过选用低热水泥、优化骨料级配与配合比,可降低混凝土收缩与水化热;规范模板安装、分层振捣及施工缝处理,能减少施工缺陷;强化保湿、温控及冬季养护,可有效抑制裂缝发展。未来需进一步结合智能化监测技术,实时预警温度与收缩应力,推动裂缝预防从被动应对向主动防控升级,为水利工程高质量建设提供技术支撑。

参考文献

- [1]桑利雄.水利施工中混凝土裂缝的防治施工技术探讨[J].中国住宅设施,2025(4):190-192.
- [2]徐素军.水利施工中混凝土裂缝产生的原因及防治措施[J].水利电力技术与应用,2024,6(2):32-34.
- [3]胡志明,周予扬,马艳君,等.水利施工中混凝土裂缝的防治技术分析[J].建筑工程与设计,2025,4(5):144-146. DOI:10.12417/2811-0536.25.05.057.
- [4]周洋,马飞燕.水利施工中预防混凝土裂缝的措施及方法[J].水上安全,2025(5):136-138.